Canada

Health and Welfare Canada / Santé et Bien-être social Canada

84-EHD-111

Safety Code 19

Recommended Safety Procedures for the Selection, Installation and Use of X-Ray Diffraction Equipment.

85-4720/

SAFETY CODE - 19

RECOMMENDED SAFETY PROCEDURES FOR THE SELECTION, INSTALLATION AND USE OF X-RAY DIFFRACTION EQUIPMENT

Environmental Health Directorate

Health Protection Branch

Published by authority of the
Minister of National Health and Welfare

84-EHD-111

COPIES OF THIS REPORT

CAN BE OBTAINED FROM

Public Affairs Directorate

Department of National Health and Welfare

5th Floor

Brooke Claxton Building

Ottawa K1A 0K9

Également disponible en français sous le titre

"Code de sécurité 19 - Mesures de sécurité recommandées pour le choix, l'installation et l'utilisation d'équipement de diffraction à rayons X"

CONTENTS

		Page
	EXPLANATORY NOTES	v
1.	INTRODUCTION	1
2.	SCOPE AND PRINCIPAL AIMS OF THE CODE	2
	2.1 Principal Aims	2
	2.2 Scope	2
3.	RESPONSIBILITY AND PERSONNEL	3
	3.1 Responsible User	3
	3.2 X-Ray Equipment Operators	4
	3.3 Service or Maintenance Personnel	5
	3.4 Students or Operators-in-training	5
4.	BUILDING AND INSTALLATION REQUIREMENTS	6
	4.1 Design Criteria	6
	4.2 General Recommendations	6
	4.3 Educational Institutions	7
5.	EQUIPMENT SPECIFICATIONS	8
	5.1 New X-Ray Equipment	8
	5.2 Existing X-Ray Equipment	8
6.	RADIATION PROTECTION SURVEYS	12
	6.1 Performance of Surveys	12
	6.2 Survey Report	13
7.	PERSONNEL AND EQUIPMENT MONITORING	14

Page

8. RECOMMENDED WORKING PROCEDURES . . . 14

APPENDIX I - MAXIMUM PERMISSIBLE DOSE EQUIVALENT OF IONIZING RADIATION 17

APPENDIX II - RADIATION WARNING SIGN SPECIFICATIONS 19

APPENDIX III - RADIATION EMITTING DEVICES REGULATIONS FOR X-RAY DIFFRACTION EQUIPMENT . . . 21

BIBLIOGRAPHY 33

EXPLANATORY NOTES

This document is one of a series of Safety Codes prepared by the Radiation Protection Bureau to set out requirements for the safe use of radiation emitting devices.

The equipment and installation guidelines and safety procedures detailed in this Code are primarily for the instruction and guidance of persons employed in Federal Public Service Departments and Agencies, as well as those coming under the jurisdiction of the Canada Labour Code. This Safety Code is also intended to assist other users of X-ray diffraction equipment to select safe equipment and to install and use it so that the radiation hazard to the operator and other persons in its vicinity is negligible. It should be noted that facilities under provincial jurisdiction may be subject to requirements specified under provincial statutes.

This Code supersedes Safety Code RPD-SC-7, entitled "Requirements For Non-Medical X-Ray Equipment, Use and Installation", insofar as X-ray diffraction equipment is concerned, and it is intended to complement X-ray equipment design, construction and performance standards promulgated under the Radiation Emitting Devices Act.

The words "must" ("shall") and "should" in this Code have been chosen with purpose. The word "must" (or "shall") indicates a recommendation that is essential to meet the currently accepted standards of protection, while "should" indicates an advisory recommendation that is highly desirable and that is to be implemented where feasible.

In a field in which technology is advancing rapidly and where unexpected and unique problems continually occur, the Code cannot cover all possible situations. Blind adherence to rules cannot substitute for the exercise of sound judgement; consequently the recommendations may need to be modified in unusual circumstances, but only after consulting experts with recognized competence in radiation protection. This Code will be reviewed and revised periodically

and a particular requirement may be reconsidered at any time if it becomes necessary to cover an unforeseen situation. Interpretation or elaboration of any point can be obtained by contacting the Radiation Protection Bureau, Health and Welfare Canada, Ottawa, Ontario, K1A 1C1.

The draft of this Code was prepared by Dr. W.M. Zuk and Mr. E. Rabin, and revised by Messrs. P. Dvorak and C. Lavoie.

Appreciation is expressed to all organizations, agencies and individuals whose comments and suggestions helped in preparation of this Code.

1. INTRODUCTION

X-ray diffraction equipment is widely used as an analytical tool for material analysis in industry, research laboratories and educational institutions. In common with other types of X-ray machines, X-ray diffraction machines are potential sources of unnecessary X-ray exposure to operators and to other individuals who may be in their vicinity. The intense primary and scattered X-ray beams produced by X-ray diffraction equipment can cause severe burns after only a few seconds exposure. (Primary X-ray beams with exposure rates of more than 0.07 coulomb per kilogram per second (about 10^6 roentgen per hour) are common.) The very nature of use of X-ray diffraction equipment and its analysis accessories places the eyes and hands particularly at risk.

These high levels of radiation emphasize the need for extreme care in all aspects of the installation, operation and maintenance of X-ray diffraction equipment. However, in spite of this knowledge, reports of serious exposures and injuries to X-ray diffraction workers continue to appear. In each case, the accidental exposure occurs as a result of one or more of the following reasons:

1. Lack of safety features built into the X-ray diffraction equipment.

2. Ineffective or easily defeated safety features incorporated into the X-ray diffraction equipment.

3. Inadequate installation arrangement or facility design.

4. Inadequate instruction to the operator on the proper use of, and hazards associated with, the X-ray diffraction equipment.

Accidents resulting from the first two of these factors can be significantly reduced, if not completely

eliminated, by ensuring that X-ray diffraction equipment conforms to stringent safety standards. The effect of the last two factors can be minimized by insisting on high standards of installation and operator training.

The Radiation Emitting Devices Regulations for X-ray diffraction equipment address themselves to the first two factors, and this Safety Code addresses itself to the last two.

2. SCOPE AND PRINCIPAL AIMS OF THE CODE

This Safety Code deals with the protection of all individuals who may be exposed to radiation emitted by X-ray diffraction equipment.

2.1 Principal Aims

The principal aims of this Code are:

1. to ensure adequate radiation protection of personnel operating X-ray diffraction equipment; and

2. to ensure adequate radiation protection of workers and the general public in the vicinity of areas where X-ray diffraction equipment is in use.

2.2 Scope

To assist personnel in achieving these objectives, this Safety Code:

1. specifies minimum standards of safe design, construction and performance for X-ray diffraction equipment;

2. presents recommended correct use and maintenance practices for minimizing X-ray exposures to personnel and ensuring that X-ray diffraction equipment is used in a safe manner;

3. presents recommendations on proper installation layout of X-ray diffraction facilities;

4. sets out the relative responsibilities of the owner, responsible user, operator and other personnel; and

5. describes a program of personnel monitoring and radiation protection surveys which contribute to ensuring the safety of personnel.

3. RESPONSIBILITY AND PERSONNEL

The owner is ultimately responsible for radiation safety of an X-ray diffraction facility. It is the responsibility of the owner to ensure that the equipment provided for the responsible user and operators, and the facilities in which such equipment is installed and used, meet all applicable radiation safety standards.

The owner may delegate this responsibility to staff. How this responsibility is delegated will depend upon the size of the staff and on the amount of such equipment owned. In any event, one or more persons must be designated by the owner to carry out the role described as follows:

3.1 Responsible User

For each facility, there must be at least one person designated as the responsible user to undertake responsibility for:

1. ensuring that operational procedures pertaining to radiation safety are established and carried out so that the radiation exposure of each worker is kept as low as reasonably achievable;

2. providing instruction in safety practices for all personnel who work with or near X-ray diffraction equipment;

3. maintaining a system of personnel monitoring;

4. investigating any case of abnormal radiation exposure to personnel and taking remedial action if necessary;

5. arranging for radiation safety inspections of X-ray diffraction equipment;

6. reviewing and approving modifications to X-ray apparatus, including X-ray tube housing, cameras, diffractometers, shielding and safety interlocks;

7. arranging for establishment of controlled areas, including placement of appropriate radiation warning signs and/or devices;

8. ensuring that the facility complies with all applicable rules and regulations.

3.2 X-Ray Equipment Operators

All operators of X-ray diffraction equipment must:

1. be familiar with the contents of this Safety Code;

2. have undergone training in the proper use of the equipment and understand the potential hazards involved in the operation of the equipment;

3. have demonstrated competence to use the equipment to the satisfaction of the responsible user;

4. keep radiation exposure to themselves and others as low as reasonably achievable;

5. wear personnel monitoring devices (the appropriate types of monitoring devices are discussed in the section of this Code entitled "PERSONNEL AND EQUIPMENT MONITORING");

6. notify the responsible user of known or suspected abnormal radiation exposure to themselves or others.

3.3 Service or Maintenance Personnel

All personnel responsible for servicing or maintaining X-ray diffraction equipment must:

1. have attended and successfully completed an approved study program on the use, maintenance and repair of the equipment;

2. understand the potential hazards associated with maintenance procedures carried out under conditions where X-rays are being generated by the equipment;

3. demonstrate, to the responsible user, sufficient knowledge of the potential radiation hazards associated with the equipment to ensure that the servicing of the equipment will be carried out in a manner which minimizes any radiation hazard to themselves, to the operators and to other individuals in the vicinity of the equipment; and

4. report, to the responsible user, any anomalous situations which arise with respect to operation or maintenance of the equipment, including any actual or suspected overexposures.

3.4 Students or Operators-in-Training

All students or operators-in-training must:

1. demonstrate, to their instructor, that they understand the contents of this Safety Code (or a similar radiation safety document) before they are permitted to operate the equipment;

2. work only under the direct supervision of an operator as described under 3.2; and

3. wear personnel monitoring devices.

4. BUILDING AND INSTALLATION REQUIREMENTS

4.1 Design Criteria

The overall safety of an X-ray diffraction facility depends on a combination of factors which include the X-ray equipment itself, the extent and manner of use of the equipment, the qualifications of the operating personnel and the installation in which the equipment is used. A correct installation is of particular importance in ensuring the safety of personnel and individuals of the general public who may be in the vicinity. Thus, in the designing of any X-ray diffraction facility, account must be taken of the expected maximum workload of the equipment, of the types of measurements or experiments to be carried out (e.g. open beam or closed beam) and of the locations and number of persons that will be working with, or in the general vicinity of, the X-ray equipment.

The layout and shielding for a room where X-ray diffraction equipment is installed must be such that its operation does not result in any person exceeding the dose equivalent limits given in Appendix I.

The final plans for an installation should be reviewed by the appropriate agency responsible for radiation protection to ensure that particular aspects of radiation safety applicable to that installation have been considered. (For facilities under federal jurisdiction, the responsible agency is the Radiation Protection Bureau of Health and Welfare Canada.)

4.2 General Recommendations

Protection of operating personnel and others working in the vicinity of X-ray diffraction equipment can be achieved by adherence to the following basic recommendations:

1. X-ray diffraction equipment must be installed within a research or industrial facility in such a way as to minimize the number of individuals working in close proximity to the equipment.

2. Wherever practicable, X-ray diffraction equipment should be located in a room that is separate from other work areas and that is dedicated solely to X-ray diffraction work.

3. The room in which X-ray diffraction equipment is used must be lockable.

4. The X-radiation warning sign described in Appendix II of this Code must be affixed to each entrance door to the X-ray diffraction room.

5. A readily discernible and clearly legible warning sign prohibiting unauthorized entry must be placed at each entrance door to the X-ray room.

6. Adequate working space must be provided around the X-ray diffraction equipment to allow for ease of setting up and to permit placing of movable shielding barriers, as required.

7. X-ray diffraction equipment should be positioned in such a way that the direction(s) of the primary beam(s) is(are) toward outside walls or unoccupied areas.

4.3 Educational Institutions

1. X-ray diffraction equipment installed in educational institutions for purposes of training students should be located in a separate room that contains no other work stations.

2. The floor space about the X-ray diffraction equipment must be sufficient to enable the students to observe demonstrations from a safe distance.

3. A line indicating a safe viewing perimeter should be painted on the floor of the demonstration room.

NOTE: DOSE EQUIVALENT LIMITS FOR STUDENTS UP TO THE AGE OF 18 YEARS ARE GIVEN IN APPENDIX I.

5. EQUIPMENT SPECIFICATIONS

5.1 New X-Ray Equipment

All new X-ray diffraction equipment and analysis accessories for such equipment must conform to the requirements specified in the Radiation Emitting Devices Regulations for X-Ray Diffraction Equipment. These Regulations specify standards of design, construction and functioning, with respect to radiation safety of the equipment, and are mandatory requirements at the time of sale. It is the responsibility of the manufacturer or seller to ensure that the equipment conforms to the requirements of the regulations.

The Regulations governing X-ray diffraction equipment, in effect at the time of printing of this Safety Code, are reproduced in Appendix III. These Regulations may be amended from time to time to keep abreast with changing technology in the field. Information on the currency of the Regulations and details of any promulgated amendments can be obtained by contacting the Radiation Protection Bureau, Health and Welfare Canada, Ottawa, Ontario, K1A 1C1.

5.2 Existing X-Ray Equipment

Inspections of older X-ray diffraction equipment have shown that operators and others can be exposed to hazardous levels of radiation originating from the following sources:

1. the primary X-ray beam;

2. leakage or scatter of the primary X-ray beam through cracks between or in ill-fitting or defective parts;

3. penetration of the primary X-ray beam through the X-ray tube housing, shutters and analysis accessories;

4. secondary emission from the sample or other material exposed to the primary X-ray beam;

5. diffracted X-rays; and

6. radiation generated by rectifiers in the high voltage power supply.

Unnecessary exposure to this radiation can be eliminated or significantly reduced by retrofitting safety features to existing equipment. Thus, whenever possible, and to the extent that it is practical, existing X-ray diffraction equipment should be upgraded to incorporate as many as possible of the safety features required of equipment at the time of sale.

To ensure maximum protection to operators and other workers, all existing X-ray diffraction equipment must meet certain basic requirements. These are as follows:

1. Warning Signs - The external surface of the control panel must bear a permanent and conspicuous sign prohibiting unauthorized use and warning that hazardous X-radiation is emitted when the equipment is in operation.

2. Markings - All controls, meters, lights and other indicators relevant to the operation of the equipment must be readily discernible and clearly labelled or marked as to function.

3. Warning Indicators

(i) There must be readily discernible, separate indicators on the control panel that respectively indicate:

(a) when the control panel is energized and the machine is ready to produce X-rays; and

(b) when X-rays are being produced.

(ii) When more than one X-ray tube is controlled by one control panel, there must be clear and visible indication on or near the tube housing and on the control panel of which tube is connected and ready to be energized. The visible indicators used for these purposes should be lights.

(iii) There must be warning indicators that clearly indicate the open/shut status of each beam port shutter on the X-ray tube housing. Interlock(s) must be included to ensure that X-rays cannot be produced when the port is open and the warning indicator fails simultaneously.

The warning indicators referred to in this section must be readily discernible from a distance of at least two metres.

4. Exposure Control - There must be separate power ON/OFF and X-rays ON/OFF switches on the control panel.

5. Keylock Switch - There must be a keylock switch to secure the X-ray diffraction machine against unauthorized use. The Keylock switch must be of the type which requires the insertion of a key

before X-rays can be generated and where removal of the key causes termination of the production of X-rays.

6. Shutters must be retained in situ to open and close all beam ports in the X-ray tube housing.

7. Each beam port shutter must provide the same degree of protection as required by clause 11 of the Radiation Emitting Devices Regulations for X-ray diffraction equipment. (See Appendix III of this Code).

8. The beam port shutters must be connected to the X-ray tube housing in such a way that they normally remain in the fully closed position and positive action is required by the operator to open them.

9. The X-ray tube housing, collimators, and analysis accessories (cameras, goniometers, etc) must be shielded with sufficient material to provide the same degree of protection as required by clauses 11 and 12 of the Radiation Emitting Devices Regulations for X-ray diffraction equipment. (See Appendix III of this Code.)

10. There must be portable or fixed shields to enclose or intercept the X-ray beams as fully as possible without preventing the equipment from functioning.

11. A primary X-ray beam that is transmitted beyond the X-ray detector must be attenuated by a beam stop, beam trap or other permanent shield that is positioned as close as possible to the X-ray tube housing.

12. The shields, beam stop and beam trap referred to in statements 10 and 11 above must provide the same level of protection as required by clauses 11 and 12 of the Radiation Emitting Devices Regulations for X-ray diffraction equipment. (See Appendix III of this Code.)

6. RADIATION PROTECTION SURVEYS

A radiation protection survey of a facility is intended to demonstrate not only that the X-ray equipment itself functions properly according to applicable standards but also that the equipment is installed in a safe environment and is used in a way which provides maximum radiation safety for operators and others. It is important, therefore, that X-ray facilities be surveyed at regular intervals.

6.1 Performance of Surveys

The responsible user is required to arrange for radiation protection surveys. Surveys must be requested:

1. at the time of installation of X-ray diffraction equipment;

2. after any modification of the equipment which could result in elevated levels of stray radiation emission; and

3. immediately, upon any indication of elevated levels of X-ray emission having occurred during the normal operation of the equipment.

In addition, surveys must be requested on a periodic basis. The frequency of the surveys is a function of the type and extent of use of the equipment and should be determined by the responsible health authority.

It may be permissible in special cases, after consultation with the corresponding radiation protection authority, to operate the equipment for a limited period of time prior to the survey.

Radiation protection surveys of the installation must be performed by an authorized expert (e.g. an inspector of the Radiation Protection Bureau, or the equivalent personnel in a provincial agency for facilities that are under provincial jurisdiction).

6.2 Survey Report

The survey report must present, in a clear systematic way, details and results of the measurements carried out, as well as the conditions drawn to the attention of the user and recommendations made by the surveyor. In the report for an existing installation attention must be drawn to any unusual findings with respect to the equipment itself, the installation or operating procedures, which could affect the safety of operators or other persons in the vicinity of the X-ray facility.

The survey report must include at least the following:

1. the identification of the facility and equipment;

2. assessment of the safety features incorporated into the X-ray diffraction equipment, including

   (i) the adequacy of shielding,

   (ii) the proper functioning of shutters, safety interlocks, keylock switch, warning lights and other indicators, and

   (iii) a description of the radiation warning signs and their locations on the equipment;

3. an assessment of the proper functioning of the X-ray controls;

4. an assessment of compliance with Building and Installation requirements;

5. an assessment of the working procedures and conditions;

6. an assessment of the personnel monitoring.

7. PERSONNEL AND EQUIPMENT MONITORING

Users of X-ray diffraction equipment must be provided with whole body, and either finger or wrist radiation monitoring devices. The supplier of the monitoring device must be notified of the energy of the monitored radiation.

A monitoring device must be so located that the body part nearest the primary beam is monitored. For example, if the operator sets up an experiment working primarily with his right hand, a wrist or finger monitor must be worn on that hand. Monitoring devices worn on the chest or abdomen may provide an indication of the exposure of the whole body to stray (i.e. leakage and scattered) radiation.

Personnel monitoring data must be maintained as a permanent record and should be available for examination by the users and appropriate health officers.

It is recommended that each installation be equipped with a radiation survey meter to monitor routinely the area around equipment.

8. RECOMMENDED WORKING PROCEDURES

A well designed installation and the use of equipment that incorporates good safety features are not by themselves sufficient to ensure safety of personnel. Adherence to comprehensive working procedures that identify and minimize hazards associated with the particular use and maintenance of the X-ray diffraction equipment is an essential requirement for personnel safety.

The following recommendations are basic requirements of good working procedures.

1. Personnel must not expose any part of their bodies to the useful radiation beams.

2. (i) For short analysis times (a few hours or less) the operator should be in immediate attendance when the equipment is in operation. Deviations from this practice must be cleared with the responsible user.

(ii) For longer analysis times (several hours to several days), if the operator cannot be in immediate attendance when the equipment is in operation, the equipment must be secured so that it is accessible only to authorized personnel who are aware that the equipment is turned on.

(iii) When not in operation, the equipment must be secure so that it is accessible to, or operable by, authorized personnel only.

3. Only trained personnel, approved by the responsible user, must be permitted to install, repair, or make other than routine modifications to the X-ray generating apparatus and accessories.

4. If, for any reason, it is temporarily necessary to alter safety devices, such as to bypass interlocks or remove shielding, such action must be:

(i) specified in writing, and approved by the responsible user; a notice must be posted near the X-ray tube housing so that other persons will know the existing status of the equipment;

(ii) terminated as soon as possible.

5. Wherever practical, alignment of the analysis apparatus should be done by means that do not require working with the open primary beam.

When alignment involves working near the open primary X-ray beam, the X-ray tube current should be reduced in order to lower exposure rates. If a fluorescent alignment tool is used, dimming the room light will permit a significant reduction in tube current. The fluorescent alignment tool must be long enough to permit the operator's hand to be kept a safe distance from the beam. The operator must be familiar with the manufacturer's recommended alignment procedures, and copies of these must be available for reference.

6. All safety devices (interlocks, shutters, warning lights, etc.) must be tested periodically to ensure their proper operation. These tests should be conducted once per week and must be conducted at least once per month. Records of such tests must be maintained.

7. Written emergency procedures pertaining to radiation safety must be established for each facility by the responsible user and must be posted in a conspicuous location near each X-ray diffraction unit. These must list telephone numbers of a physician and the responsible user, and as a minimum, must include instructions for the following actions to be taken in case of a known or suspected accident involving radiation exposure:

   (i) notifying the responsible user; and

   (ii) arranging for a medical examination, being sure to notify the examining physician that exposure to low energy X-rays may have occurred.

MAXIMUM PERMISSIBLE DOSE EQUIVALENT OF IONIZING RADIATION

For the purpose of radiation protection, individuals are divided into two main categories, namely those exposed to radiation in the course of their work (radiation workers) and others. Maximum permissible levels are given for both categories in the following table. These dose equivalent limits are based on the modified recommendations of the International Commission on Radiation Protection (ICRP) as specified in ICRP Publication 26.

It must be noted that the maximum permissible dose equivalents for radiation workers apply only to exposures resulting directly from their occupation and do not include radiation exposure from any other source, such as medical diagnosis or natural background radiation.

It should also be noted that the ICRP now belives it is sufficient to set annual dose equivalent limits and does not recommend any further restrictions either on the instantaneous rate or on the rate at which the dose equivalent may be accumulated, except in the case of pregnant women. The former age-related formula limiting the dose equivalent at age N years to 50(N-18)mSv is no longer advocated.

Annual Maximum Permissible Dose Equivalent
(Whole Body)

Radiation Workers	50 mSv
Other Workers or Members of the Public	5 mSv

1 sievert (Sv) is equivalent to 100 rem

NOTES:

1. It is emphasized that any exposure may involve some degree of risk and although the levels recommended in this appendix are maximum permitted values, all doses should be kept as low as reasonably achievable and any unnecessary exposures should be avoided.

2. ICRP no longer recommends discrimination in the dose limits between men and women of reproductive capacity if the dose is received at an aproximately regular rate.

3. When pregnancy has been diagnosed the employer must ensure for the remainder of the pregnancy the woman's working conditions are such that the total integrated dose equivalent to the abdomen during the entire pregnancy does not exceed 10mSv, or 15mSv during the year of the pregnancy.

4. For trainee technicians, the dose equivalent limits should be the same as those of the general public.

5. For students up to the age of 18 years who are not radiation worker trainees, the annual whole body dose equivalent limit recommended by the ICRP is 0.5 mSv. It is also recommended that no pupil receive more than one tenth of this annual dose equivalent limit in the course of any one demonstration or experiment.

6. The ICRP no longer recommends different limits for individual organs. The ICRP believes that non-stochastic effects will be prevented by applying a dose-equivalent limit of 0.5Sv in a year to all tissues except the lens of the eye, for which it recommends a limit of 0.15Sv in a year.

RADIATION WARNING SIGN SPECIFICATIONS

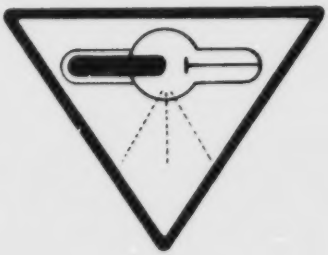
The X-radiation warning sign referred to in Section 4.2 of this Code is a sign that:

(a) is shown in two contrasting colours;

(b) is clearly visible and identifiable from a distance of 1 metre;

(c) bears the words "CAUTION, X-RAYS" and "ATTENTION, RAYONS X," and

(d) is designed in accordance with the following diagram:



RADIATION EMITTING DEVICES REGULATIONS FOR X-RAY DIFFRACTION EQUIPMENT

The Radiation Emitting Devices Regulations establishing standards of design, construction and functioning for X-ray diffraction equipment were passed by Governor-in-Council on July 2, 1981, and were published in the Canada Gazette, Part II, of July 22, 1981. These Regulations define X-ray diffraction equipment as:

> being any X-ray machine that utilizes the scattering of X-rays by atoms of a specimen for the purpose of the examination of the microstructure of the specimen, including the X-ray generator, X-ray tube, tube housing, cabinet and analysis accessories."

The specific requirements of the Regulations are reproduced below.

PART XIV

X-RAY DIFFRACTION EQUIPMENT

Interpretation

1. In this Part,

"analysis accessory" means any diffraction camera, goniometer, X-ray detector or any other component that is used in association with X-ray diffraction equipment, and that can affect the radiation safety of the equipment; (accessoire d'analyse);

"beam port" means an opening in the tube housing expressly designed to permit an X-ray beam to exit from the tube housing; (fenêtre);

"beam trap" means a shielded device for intercepting and absorbing an X-ray beam; (piège à faisceau);

"collimator" means a device that limits the dimensions of the useful beam to a required cross-sectional area; (collimateur);

"leakage radiation" means X-radiation, other than the useful beam, emerging from the tube housing, collimators or analysis accessories; (rayonnement de fuite);

"primary beam" means the unscattered or undeflected X-ray beam emerging from a beam port; (faisceau primaire);

"tube housing" means the enclosure surrounding the X-ray tube that is constructed to shield the user from X-radiation and incorporates beam ports to permit the emergence of useful beams in desired directions; (logement du tube);

"shutter" means a shielded cover or barrier that, in the closed position, completely intercepts the primary beam and prevents its emergence from the tube housing; (obturateur);

"useful beam" means an X-ray beam that is necessary for the diffraction machine or analysis accessory to provide analytical information and includes the primary beam and X-ray beams scattered or deflected by the specimen before interception by the detector. (faisceau utile)

STANDARDS OF DESIGN AND CONSTRUCTION

2. X-ray diffraction equipment shall be designed and constructed in such a manner that when installed maintained in accordance with the instructions referred to in section 3, it functions in accordance with section 11 for as long as it has its original components or any replacement components recommended by the manufacturer.

3. X-ray diffraction equipment shall be equipped with installation and maintenance instructions supplied by the manufacturer of the device that, if followed, will enable the device to comply with the requirements of these Regulations.

4. X-ray diffraction equipment shall bear on the external surface of the X-ray control panel

(a) a warning sign located next to any switch that turns on an X-ray tube, bearing the words "CAUTION-X-RAYS -- ATTENTION-RAYONS X. This Equipment Produces High Intensity X-Ray Beams When Energized - To be Operated Only by Qualified Personnel -- Cet appareil produit des faisceaux de rayons X à haute intensité lorsqu'il est activé - son utilisation est réservée au personnel compétent.";

(b) the X-radiation warning sign described in section 13; and

(c) a readily discernible and clearly visible permanent mark or label that sets out, with respect to the combination of the X-ray generator and tube housing,

(i) the name of the manufacturer,

(ii) the model designation,

(iii) the serial number,

(iv) the date of manufacture, and

(v) the city and county of manufacture.

5. X-ray diffraction equipment shall be designed and constructed in such a manner that

(a) all marks, labels and signs required by these Regulations are securely affixed to the device and clearly visible; and

(b) all controls, meters, lights or other indicators required by these Regulations are

(i) readily discernible, and

(ii) clearly labelled or marked as to function.

6. X-ray diffraction equipment shall be designed and constructed of such materials and in such a manner that,

(a) under normal conditions of use, the tube housing, shutters, collimators, couplings, shields and barriers required by or referred to in these Regulations will not deform or deteriorate in their shielding properties in such a way as to permit leakage radiation in excess of the maximum exposure rate specified in section 11;

(b) with the device fully assembled for use and analysis accessories in place,

(i) the tube housing, collimator and analysis accessories are fully contained within an enclosure that

a. contains sufficient shielding to enable the device to comply with the standard of functioning specified in section 11, and

b. is interlocked in such a way that opening or removal of the enclosure prevents X-rays from being produced by the X-ray tube or causes distinct audible warning; or

(ii) the useful beam, passing between the beam ports, collimators and analysis accessories, is completely enclosed and shielded so that the device functions in accordance with section 11; and

(c) where the setting up or alignment procedures for the device require direct access to the useful beam, a mechanism to override the interlocks described in paragraph (b) is provided, that

(i) is clearly marked as to function, and

(ii) provides a conspicuously displayed indication of the operating condition of the interlocks.

7. X-ray diffraction equipment shall be designed and constructed to include

(a) a control panel having the following safety features, namely,

(i) a power "ON/OFF" switch,

(ii) a lock of a kind that requires the insertion of a key before X-rays can be produced and where removal of the key causes termination of the production of X-rays,

(iii) an X-ray tube "ON/OFF" switch,

(iv) electrical meters or other indicators that show the operating tube potential in kilovolts and the tube current in milliamperes,

(v) a warning light, in close proximity to the power "ON/OFF" switch, that indicates when the control panel is energized and the device is ready to produce X-rays,

(vi) a warning light, in close proximity to the X-ray tube "ON/OFF" switch, that indicates when X-rays are being produced in the X-ray tube,

(vii) a warning light that indicates when any of the beam port shutters are open and any X-ray beam is emerging from the tube housing,

(viii) where more than one X-ray tube is controlled from the control panel,

a. a separate X-ray tube "ON/OFF" switch for each such tube, and

b. a warning light or other visual indicator to indicate which tube is energized and is producing X-rays, and

(ix) a timer that

a. automatically terminates the production of X-rays or, after a preset time interval, automatically prevents X-rays from emerging from the tube housing.

b. prevents the initiation of an X-ray exposure if the timer is set on the zero or off position, and

c. has a clearly marked indefinite time setting where an intended use of the device requires continuous operation of a duration greater than 24 hours;

(b) for equipment designed and constructed in accordance with subparagraph 6(b) (ii), a warning light on the tube housing that indicates when the X-ray tube is energized and producing X-rays and that is clearly visible at a distance of 2 metres from all accessible sides of the device;

(c) for equipment designed and constructed in accordance with subparagraph 6(b) (ii), a separate warning light for each beam port on the tube housing that

(i) indicates when the shutter on the beam port is open,

(ii) is clearly visible at a distance of 2 metres from the port, and

(iii) is so connected that failure of the light either causes the shutter to close or terminates production of X-rays by the X-ray tube;

(d) a shutter, covering each beam port, that is constructed and connected in such a way that

(i) the shutter normally remains fully closed,

(ii) a positive action by the operator is required to open the shutter,

(iii) an interlock is incorporated in the shutter mechanism that, unless there is an alignment device or analysis accessory connected to the beam port prevents X-ray production when the shutter is open,

(iv) it is not possible to remove the shutter or its operating mechanism without the use of tools,

(v) the shutter and its operating mechanism are interlocked so that removal of the shutter inactivates the X-ray tube, and

(vi) the shutter contains sufficient shielding to enable it to comply with the standard of functioning specified in section 11;

(e) labyrinth-type joints, couplings or interfaces between beam ports, collimators and analysis accessories that ensure that radiation leakage rates in excess of the maximum specified in section 11 cannot occur as a result of incomplete connections;

(f) where the machine is designed to be used with interchangeable filters,

(i) interlocks or other means to ensure that the filters can only be inserted into or removed from the filter holder when the X-ray beam is off, and

(ii) sufficient shielding of the filter slots or access openings to ensure compliance with the X-ray leakage requirements of section 11; and

(g) provisions for the connection of one or more remote warning lights that automatically indicate when the X-ray tube is activated and X-rays are being produced.

8. Every analysis accessory shall be equipped with information, supplied by the manufacturer, that

(a) sets out in respect of that accessory either

(i) the X-ray diffraction equipment for which the accessory is specifically designed, or

(ii) the X-ray diffraction equipment with which the accessory is not designed to be used; and

(b) indicates the design and dimensions of the coupling surfaces of the accessory.

9. Every analysis accessory shall bear on its external surface a permanent mark or label that sets out in respect of that accessory

(a) the name of the manufacturer;

(b) the model designation;

(c) the serial number;

(d) the date of manufacture; and

(e) the city and country of manufacture.

10. Every analysis accessory shall be designed and constructed in such a manner that

(a) all joints, couplings or interfaces by which the accessory connects to a beam port or collimator are of the labyrinth-type and are compatible with those used on the X-ray diffraction equipment for which the accessory is designed;

(b) subject to paragraph (c), it is fully enclosed and shielded so that

(i) during normal operation access by any part of the body of the operator of the X-ray diffraction equipment to the useful beams traversing the accessory is precluded,

(ii) the shielding is sufficient to enable the accessory to comply with the requirements of section 12, and

(iii) the shielding is connected or interlocked so that

a. it cannot be removed, or

b. removal of any part of the shielding results either in termination of X-ray production by the X-ray tube or closure of the shutter of the beam port to which the accessory is connected; and

(c) where the intended purpose of the accessory or alignment of the useful beam traversing the accessory requires that the useful beam be transmitted through an opening in the enclosure,

(i) there is, on the external surface of the accessory in close proximity to the opening, a permanent mark or label bearing a warning statement to the effect that an intense X-ray beam is present at the opening, and

(ii) appropriate shielding barriers or beam traps are provided so that

a. when positioned on the X-ray diffraction machine they fully intercept the transmitted X-ray beam, and

b. they contain sufficient shielding to comply with the requirements of section 12.

STANDARDS OF FUNCTIONING

11. X-ray diffraction equipment when fully assembled for use shall function in such a way that, for any setting of the X-ray tube operating potential in kilovolts and current in milliamperes within the range of settings specified by the manufacturer,

(a) the transmission of the useful beam through any closed beam port shutter results in a radiation exposure rate that does not exceed 2.5 milliroentgen per hour at a distance of 5 centimetres from any accessible external surface of the shutter, when averaged over a detection area of 1 square centimetre and of circular cross-section;

(b) the exposure rate from leakage radiation from

(i) the tube housing,

(ii) any joint, coupling or interface between beam ports, collimators and analysis accessories,

(iii) filter slots or access openings, or

(iv) the X-ray beam enclosure systems referred to in paragraph 6(b),

does not exceed 2.5 milliroentgen per hour at a distance of 5 centimetres from any accessible external surface of any of the devices mentioned in subparagraphs (i) to (iv), when averaged over a detection area of 1 square centimetre and of circulator cross-section; and

(c) the emission of ionizing radiation by the high voltage power supply for the X-ray tube does not exceed a rate of 0.5 milliroentgen per hour at a distance of 5 centimetres from any point of the housing of the power supply, when averaged over a detection area of 10 square centimetres and of circular cross-section.

12. Every analysis accessory when fully assembled for use and connected to X-ray diffraction equipment for which it is designed shall function in such a way that, under the conditions of operation referred to in section 11,

(a) the transmission of the useful beam through the shielding barriers or beam traps referred to in paragraph 10(c) results in a radiation exposure rate that does not exceed 2.5 milliroentgen per hour at a distance of 5 centimetres from any accessible external surface of the barrier or trap, when averaged over a detection area of 1 square centimetre and of circular cross-section; and

(b) the exposure rate from leakage radiation does not exceed 2.5 milliroentgen per hour at a distance of 5 centimetres from any accessible external surface of the accessory, when averaged over a detection area of 1 square centimetre and of circular cross-section.

WARNING SIGN SPECIFICATIONS

13. The X-radiation warning sign referred to in Section 4.2 (1)(ii) of this Code is a sign that

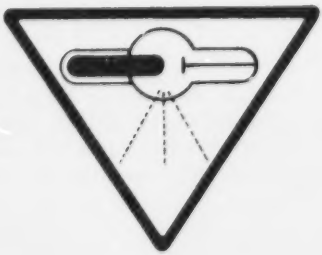
(a) is shown in two contrasting colours;

(b) is clearly visible and identifiable from a distance of 1 metre;

(c) has no outer dimensions of less than 2 centimetres;

(d) bears the words "CAUTION, X-RAYS" and "ATTENTION", RAYONS X", and

(e) is designed in accordance with the following diagram:



BIBLIOGRAPHY

Further details on the topics covered in this Safety Code may be obtained from the references listed below.

1. "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection," ICRP Publication 26, Annals of the ICRP, Volume 1, No. 3, (1977).

2. "Radiation Protection In Educational Institutions," NCRP Report No. 32, (1966).

3. "Radiation Hazard Control In Industry," RPB-TM-3, National Health and Welfare, (1973).

Canada

Santé et Bien-être social Canada
Health and Welfare Canada

84-DHM-111

Code de sécurité 19

Mesures de sécurité recommandées pour le choix, l'installation et l'utilisation d'équipement de diffraction à rayon X.

CODE DE SÉCURITÉ - 19

MESURES DE SÉCURITÉ RECOMMANDÉES POUR LE CHOIX, L'INSTALLATION ET L'UTILISATION D'ÉQUIPEMENT DE DIFFRACTION À RAYONS X

Direction de l'hygiène du milieu

Direction générale de la protection de la santé

Publication autorisée par le
Ministre de la Santé nationale et du Bien-être social

84-DHM-111

DES EXEMPLAIRES DE CE RAPPORT

SONT DISPONIBLES À LA

Direction des affaires publiques

Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social

5e étage

Immeuble Brooke-Claxton

Ottawa K1A 0K9

Also available under the title

"Safety Code 19 - Recommended Safety Procedures for the Selection, Installation and Use of X-ray Diffraction Equipment"

TABLE DES MATIÈRES

		Page
	NOTES EXPLICATIVES	v
1.	INTRODUCTION.	1
2.	DOMAINE D'APPLICATION ET BUTS PRINCIPAUX DU CODE	2
	2.1 Buts principaux	2
	2.2 Domaine d'application	2
3.	RESPONSABILITÉS ET PERSONNEL	3
	3.1 Utilisateur responsable	3
	3.2 Opérateurs d'équipement à rayons X	4
	3.3 Personnel affecté aux réparations et à l'entretien	5
	3.4 Étudiants ou opérateurs en stage de formation	6
4.	EXIGENCES RELATIVES AU BÂTIMENT ET AUX INSTALLATIONS	6
	4.1 Critères de conception.	6
	4.2 Recommandations générales	7
	4.3 Institutions d'enseignement.	8
5.	SPÉCIFICATIONS DE L'ÉQUIPEMENT	9
	5.1 Nouvel équipement à rayons X	9
	5.2 Équipement à rayons X existant	9
6.	INSPECTIONS DES INSTALLATIONS À RAYONS X	13
	6.1 Conduite des inspections	13
	6.2 Rapport d'inspection.	14

Page

7. DOSIMÉTRIE DU PERSONNEL ET DE L'ÉQUIPEMENT 15

8. MÉTHODES DE TRAVAIL RECOMMANDÉES . . 15

ANNEXE I - ÉQUIVALENCE DES DOSES MAXIMALES ADMISSIBLES AUX RAYONNEMENTS IONISANTS . . . 19

ANNEXE II - SPÉCIFICATIONS DU SYMBOLE DE MISE EN GARDE CONTRE LES RAYONNEMENTS 21

ANNEXE III - RÈGLEMENT SUR LES DISPOSITIFS ÉMETTANT DES RADIATIONS (MATÉRIEL DE DIFFRACTION DES RAYONS X) 23

BIBLIOGRAPHIE. 37

NOTES EXPLICATIVES

L'objectif de ce document qui fait partie d'une série de codes de sécurité préparés par le Bureau de la radioprotection est d'établir des exigences de sécurité pour l'utilisation d'appareils émettant des rayonnements.

Les lignes directrices relatives aux équipements et aux installations et les mesures de sécurité décrites dans le présent code sont destinées principalement aux employés des ministères et organismes fédéraux, ainsi qu'aux personnes travaillant sous la juridiction du Code du travail canadien. Ce code de sécurité a aussi pour but d'aider d'autres utilisateurs d'équipements de diffraction à rayons X à choisir un équipement sûr, à installer et utiliser cet équipement de façon que les dangers pour l'opérateur et les personnes proches de ces équipements soient négligeables. Il faut noter que les installations de juridiction provinciale peuvent être soumises à des règlements provinciaux.

Ce code annule le code de sécurité DRP-SC-7 intitulé "Exigences pour les appareils à rayons X à usage non médical, leur utilisation et leur installation", en ce qui concerne les équipements de diffraction à rayons X, et il vise à compléter les normes de conception, de construction et de fonctionnement des équipements à rayons X prescrites par la Loi sur les dispositifs émettant des radiations.

Dans ce code, les verbes "doit(doivent)" et "devrait(devraient)" ont un sens bien précis. Le verbe "doit" signifie que la recommandation est essentielle pour que les normes de radioprotection actuelles soient respectées, alors que le verbe "devrait" signifie que la recommandation est hautement souhaitable et qu'elle doit être appliquée là où c'est possible.

Le code s'applique à un domaine où les progrès technologiques sont rapides et où des problèmes imprévus et uniques surgissent continuellement. Il est donc impossible

que le code couvre toutes les situations possibles. Le respect aveugle des règles ne peut remplacer le sens critique; par conséquent, il est possible que l'on doive modifier des recommandations, dans des circonstances extraordinaires, mais seulement après avoir consulté des spécialistes dont la compétence en matière de radioprotection est reconnue. Ce code sera revu et corrigé périodiquement et l'on pourra à tout moment reconsidérer une exigence particulière s'il devient nécessaire de répondre à une situation imprévue. On peut obtenir des explications supplémentaires sur un point quelconque du code en s'adressant au Bureau de la radioprotection, Santé et Bien-être social Canada, Ottawa (Ontario), K1A 1C1.

La version préliminaire de ce code a été préparée par W.M. Zuk et E. Rabin et revue par P. Dvorak et C. Lavoie.

Nous désirons exprimer notre gratitude à tous les organismes et à toutes les personnes dont les commentaires et les suggestions ont aidé à l'élaboration de ce code.

1. INTRODUCTION

Les équipements de diffraction à rayons X sont des outils analytiques largement utilisés pour l'analyse des matériaux dans l'industrie, dans les laboratoires de recherche et dans les institutions d'enseignement. Comme tout dispositif à rayons X, les équipements de diffraction à rayons X sont une source potentielle d'exposition inutile aux rayons X pour les opérateurs et les autres personnes qui se trouvent à proximité. Les intenses faisceaux primaires et secondaires de rayons X produits par les équipements de diffraction peuvent causer des brûlures sévères après une exposition de quelques secondes seulement. (Des faisceaux primaires de rayons X avec des taux d'exposition supérieurs à 0,07 coulomb par kilogramme par seconde (environ 106 roentgens par heure) sont courants.) Par sa nature même, l'utilisation d'équipements de diffraction à rayons X et des accessoires d'analyse est particulièrement dangereuse pour les yeux et les mains.

À cause de ces hauts niveaux de rayonnement, on doit agir avec une extrême prudence lors de l'installation, de l'entretien et de l'utilisation des équipements de diffraction à rayons X. Cependant, bien que les dangers soient connus, on continue d'enregistrer des blessures graves chez des personnes travaillant avec des équipements de diffraction à rayons X. Dans chaque cas, l'exposition accidentelle est la conséquence de l'un ou de plusieurs des facteurs suivants:

1. Manque de dispositifs de sécurité dans les équipements de diffraction à rayons X.

2. Dispositifs de sécurité inefficaces ou facilement déréglés dans les équipements de diffraction à rayons X.

3. Installation inadéquate des équipements de diffraction à rayons X.

4. Opérateur mal informé sur l'utilisation correcte des équipements et des dangers liés à ces équipements.

On peut réduire considérablement, sinon éliminer complètement, les accidents liés aux deux premiers facteurs en s'assurant que les équipements de diffraction à rayons X répondent aux normes strictes de sécurité. On peut réduire au minimum les effets des deux derniers facteurs en insistant sur la sécurité des installations et sur la formation des opérateurs.

Le Règlement sur les dispositifs émettant des radiations vise à éliminer les deux premiers facteurs d'accidents et le présent code de sécurité vise à éliminer les deux derniers.

2. DOMAINE D'APPLICATION ET BUTS PRINCIPAUX DU CODE

Le présent code de sécurité concerne la protection de toutes personnes susceptibles d'être exposées aux rayonnements émis par les équipements de diffraction à rayons X.

2.1 Buts principaux

Les buts principaux de ce code sont les suivants:

1. assurer une protection adéquate du personnel travaillant avec les équipements de diffraction à rayons X;

2. assurer une protection adéquate des travailleurs et du public en général qui se trouvent à proximité d'équipement de diffraction à rayons X.

2.2 Domaine d'application

Pour aider le personnel à atteindre ces objectifs, le présent code de sécurité:

1. spécifie des normes de sécurité minimales pour la conception, la construction et le fonctionnement des équipements de diffraction à rayons X;

2. présente des recommandations en matière d'utilisation et d'entretien de façon à réduire au minimum l'exposition du personnel aux rayons X et à assurer que les équipements de diffraction à rayons X soient utilisés de façon sûre;

3. présente des recommandations pour une installation adéquate dans les laboratoires de diffraction à rayons X;

4. définit les responsabilités du propriétaire, de l'utilisateur responsable, des opérateurs et de tout autre membre du personnel;

5. décrit un programme de dosimétrie du personnel et d'inspection en matière de radioprotection qui contribue à assurer la sécurité du personnel.

3. RESPONSABILITÉS ET PERSONNEL

En fin de compte, c'est le propriétaire d'équipement de diffraction à rayons X qui est responsable de la radioprotection. Il doit s'assurer que l'équipement fourni et que les laboratoires dans lesquels les équipements sont installés répondent à toutes les normes applicables de radioprotection.

Le propriétaire peut déléguer cette responsabilité à des membres du personnel. La façon dont il délègue cette responsabilité dépend de la compétence du personnel et de la quantité d'équipement en question. En tout cas, le propriétaire doit désigner une ou plusieurs personnes pour remplir le rôle suivant:

3.1 Utilisateur responsable

Dans chaque laboratoire, il doit y avoir au moins un utilisateur responsable. Ses responsabilités sont les suivantes:

1. il s'assure que des mesures de radioprotection soient établies et respectées de telle sorte que chaque travailleur soit exposé le moins possible aux rayonnements;

2. il informe tout le personnel travaillant avec des équipements de diffraction à rayons X, ou à proximité, des règles de sécurité;

3. il applique un système de dosimétrie du personnel;

4. il examine chaque cas d'exposition anormale et le cas échéant, il prend les mesures correctives nécessaires;

5. il organise des inspections des équipements de diffraction à rayons X;

6. il examine et approuve les modifications apportées aux équipements (logement du tube à rayons X, caméras, diffractomètre, blindage et dispositifs d'enclenchement);

7. il organise l'établissement de zones protégées dans lesquelles il fait installer des signes ou des dispositifs de mise en garde contre les rayonnements;

8. il s'assure que le laboratoire est conforme à tous les règlements applicables.

3.2 Opérateurs d'équipement à rayons X

Tous les opérateurs d'équipement de diffraction à rayons X doivent:

1. connaître le contenu du présent code de sécurité;

2. avoir suivi un stage de formation portant sur l'utilisation correcte de l'équipement et comprendre les dangers liés à l'utilisation de cet équipement;

3. avoir démontré leur compétence en ce qui concerne l'utilisation des équipements, à la satisfaction de l'utilisateur responsable;

4. faire en sorte qu'eux-mêmes et que les autres soient exposés le moins possible aux rayonnements;

5. porter des dispositifs de dosimétrie personnels (les types de dispositifs de dosimétrie appropriés sont examinés à la section intitulée "DOSIMÉTRIE DU PERSONNEL ET DE L'ÉQUIPEMENT" du présent code);

6. informer l'utilisateur responsable s'il constate ou pressent des niveaux d'exposition anormaux, pour lui-même ou pour d'autres.

3.3 Personnel affecté aux réparations et à l'entretien

Tous les membres du personnel affectés aux réparations ou à l'entretien des équipements de diffraction à rayons X doivent:

1. avoir suivi avec succès un programme d'étude approuvé portant sur l'utilisation, l'entretien et la réparation des équipements;

2. comprendre les dangers potentiels liés aux opérations d'entretien effectuées lorsqu'il y a émission de rayons X;

3. montrer à l'utilisateur responsable qu'ils connaissent suffisamment les dangers potentiels liés aux équipements pour que les réparations et l'entretien soient effectués de telle sorte qu'eux-mêmes, les opérateurs et toute autre personne travaillant à proximité de l'équipement, soient exposés le moins possible aux rayonnements;

4. informer l'utilisateur responsable de toute anomalie relative à l'entretien ou à l'utilisation des équipements, y compris toute surexposition observée ou pressentie.

3.4 Étudiants ou opérateurs en stage de formation

Tous les étudiants ou opérateurs en stage de formation doivent:

1. montrer à leur instructeur qu'ils comprennent le contenu du présent code de sécurité (ou de tout autre document similaire) avant de pouvoir utiliser les équipements à rayons X;

2. travailler seulement sous la supervision directe d'un opérateur comme le définit l'alinéa 3.2;

3. porter des appareils de dosimétrie du personnel.

4. EXIGENCES RELATIVES AU BÂTIMENT ET AUX INSTALLATIONS

4.1 Critères de conception

La sécurité générale d'un laboratoire de diffraction à rayons X dépend d'une combinaison de facteurs: l'équipement à rayons X, la façon dont les équipements sont utilisés, les qualifications du personnel et l'installation dans laquelle les équipements sont utilisés. La qualité de l'installation est particulièrement importante en ce qui concerne la sécurité du personnel et des personnes en général qui peuvent se trouver à proximité de cette installation. Par conséquent, dans la conception de tout laboratoire de diffraction à rayons X, on doit tenir compte de la charge de travail maximale prévue avec les équipements, des types de mesures ou d'expériences qui seront effectuées (par ex., faisceau à découvert ou faisceau dans une enceinte), du nombre de personnes et de l'emplacement de ces personnes qui travailleront avec les équipements à rayons X ou à proximité de ces équipements.

La disposition et le blindage d'une pièce où des équipements de diffraction à rayons X sont installés doivent être tels que lors de l'utilisation des équipements, personne ne soit exposé à des équivalents de dose dépassant les limites indiquées à l'Annexe I.

Les plans définitifs d'une installation devraient être examinés par l'organisme approprié responsable de la radioprotection pour assurer que toutes les mesures particulières de protection applicables à cette installation ont été considérées. (Pour les laboratoires de juridiction fédérale, l'organisme responsable est le Bureau de la radioprotection de Santé et Bien-être social Canada.)

4.2 Recommandations générales

Pour assurer la protection des opérateurs et des autres personnes travaillant à proximité des équipements de diffraction à rayons X, on respectera les règles fondamentales suivantes.

1. On doit installer les équipements de diffraction à rayons X dans un laboratoire de recherche ou dans un laboratoire industriel de façon que le nombre de personnes travaillant à proximité de l'équipement soit réduit au minimum.

2. Dans la mesure du possible, on devrait installer les équipements de diffraction à rayons X dans une pièce séparée des autres lieux de travail et réservée uniquement au travail de diffraction de rayons X.

3. La pièce dans laquelle les équipements de diffraction à rayons X sont installés doit fermer à clé.

4. Le symbole de mise en garde contre les rayons X doit être affiché à chaque porte d'entrée de la pièce où sont installés les équipements de diffraction.

5. Un avis facilement reconnaissable et bien lisible interdisant l'accès à toute personne non autorisée doit être placé sur chaque porte d'accès à la salle de rayons X.

6. Un espace de travail adéquat doit être prévu autour des équipements de diffraction à rayons X pour faciliter l'installation et pour permettre de placer des écrans blindés amovibles, selon les besoins.

7. Les équipements de diffraction à rayons X devraient être installés de telle sorte que le(s) faisceau(x) primaire(s) soit(soient) dirigé(s) vers les murs donnant sur l'extérieur ou vers des zones inoccupées.

4.3 Institutions d'enseignement

1. Les équipements de diffraction à rayons X destinés à la formation des étudiants dans des institutions d'enseignement devraient être installés dans une pièce séparée réservée à cet effet.

2. Il doit y avoir suffisamment d'espace autour des équipements de diffraction à rayons X pour que les étudiants puissent observer les démonstrations à une bonne distance.

3. Une ligne délimitant la zone de sécurité devrait être peinte sur le sol de la salle de démonstration.

NOTE: LES LIMITES D'ÉQUIVALENCE DE DOSE POUR LES ÉTUDIANTS ÂGÉS DE MOINS DE 18 ANS SONT INDIQUÉES À L'ANNEXE I.

5. SPÉCIFICATIONS DE L'ÉQUIPEMENT

5.1 Nouvel équipement à rayons X

Tout nouvel équipement de diffraction à rayons X et tous les accessoires d'analyse employés avec cet équipement doivent être conformes aux exigences spécifiées dans le Règlement sur les dispositifs émettant des radiations (Équipements de diffraction à rayons X). Ce règlement spécifie les normes de conception, de construction et de fonctionnement, en ce qui a trait à la radioprotection, et il est impératif pour le nouvel équipement seulement. Il incombe au fabricant ou au distributeur de s'assurer que les équipements soient conformes aux exigences du règlement.

Les exigences relatives aux équipements de diffraction à rayons X, applicables au moment de la publication du présent code, sont indiquées à l'Annexe III. Des amendements peuvent être apportés au règlement, pour l'adapter à l'évolution de la technologie. On peut obtenir des renseignements sur les règlements effectifs et sur tout nouvel amendement en s'adressant au Bureau de la radioprotection, Santé et Bien-être social Canada, Ottawa (Ontario), K1A 1C1.

5.2 Équipement à rayons X existant

Au cours d'inspections d'équipements de diffraction à rayons X plus anciens, on a noté les sources suivantes de rayonnements dangereux:

1. le faisceau primaire de rayons X;

2. des fuites ou la dispersion du faisceau primaire de rayons X à travers des fissures dans ou entre des éléments mal ajustés ou défectueux;

3. la pénétration du faisceau primaire de rayons X à travers le logement du tube, les obturateurs et les accessoires d'analyse;

4. une émission secondaire à partir de l'échantillon ou d'une autre substance exposée aux rayons X;

5. des rayons X diffractés;

6. des rayonnements produits par des redresseurs dans la source de courant à haute tension.

On peut éliminer ou réduire de façon substantielle l'exposition à ces rayonnements en introduisant des dispositifs de sécurité dans l'équipement existant. Ainsi, dans la mesure du possible, on devrait améliorer les équipements de diffraction à rayons X existants en incorporant le plus grand nombre possible de dispositifs de sécurité requis dans ces nouveaux équipements.

Pour assurer une protection maximale des opérateurs et des autres travailleurs, tous les équipements de diffraction à rayons X existants doivent satisfaire à certaines exigences fondamentales. Ces exigences sont les suivantes:

1. Symboles de mise en garde - La face externe du tableau de commande doit afficher bien en évidence un symbole permanent interdisant tout usage par une personne non autorisée et avertissant que l'appareil produit des rayons X dangereux lorsqu'il est sous tension.

2. Marques - Tous les compteurs, dispositifs de commande, voyants et autres indicateurs doivent être facilement identifiables et porter des étiquettes indiquant comment ils fonctionnent.

3. Indicateurs de mise en garde

   i) Le tableau de commande doit comporter des indicateurs séparés facilement reconnaissables indiquant:

a) quand le tableau de commande est sous tension et quand la machine est prête à produire des rayons X, et

b) quand il y a production de rayons X.

ii) Lorsque le tableau de commande est relié à plus d'un tube à rayons X, il doit y avoir un indicateur bien visible sur le logement du tube, ou à proximité, et sur le tableau de commande indiquant quel tube est sous tension. Les indicateurs utilisés à cette fin devraient être des voyants lumineux.

iii) Le logement du tube à rayons X doit comporter des indicateurs de mise en garde indiquant clairement si l'obturateur placé sur chaque fenêtre est fermé ou ouvert. Un dispositif d'enclenchement doit être intégré à l'obturateur pour assurer qu'il n'y a pas de production de rayons X au cas où l'indicateur indique à tort que la fenêtre est fermée.

Les indicateurs de mise en garde mentionnés dans le présent alinéa doivent être facilement identifiables à une distance d'au moins deux mètres.

4. Commande d'exposition - Le tableau de commande doit comporter des interrupteurs séparés pour l'alimentation électrique et les tubes à rayons X.

5. Serrure - Les équipements de diffraction à rayons X doivent comprendre une serrure de telle sorte qu'aucune personne non autorisée ne puisse utiliser ces équipements. La serrure doit être conçue de façon qu'on doive y introduire une clé pour produire des rayons X et que la production cesse lorsqu'on retire la clé.

6. Des obturateurs doivent être installés de façon permanente sur chaque fenêtre dans le logement du tube.

7. Tous les obturateurs doivent fournir le même degré de protection que celui spécifié à l'article 11 du Règlement sur les dispositifs émettant des radiations (Matériel de diffraction des rayons X). (Voir l'Annexe III du présent code.)

8. Les obturateurs recouvrant chaque fenêtre doivent être branchés au logement du tube à rayons X de telle sorte qu'ils restent fermés en temps normal et qu'ils ne puissent être ouverts sans le concours de l'opérateur.

9. Le logement du tube à rayons X, les collimateurs et les accessoires d'analyse (caméras, goniomètres, etc.) doivent être suffisamment blindés pour offrir le degré de protection spécifié aux articles 11 et 12 du Règlement sur les dispositifs émettant des radiations (Matériel de diffraction des rayons X). (Voir l'Annexe III du présent code.)

10. L'équipement doit comporter un blindage fixe ou amovible qui enferme ou intercepte le plus possible les faisceaux de rayons X sans empêcher les équipements de fonctionner.

11. Un faisceau primaire de rayons X transmis au-delà du détecteur de rayons X doit être atténué par un arrêt à faisceau ou tout autre blindage permanent installé aussi près que possible du logement du tube à rayons X.

12. Les blindages et arrêts à faisceau mentionnés aux alinéas 10 et 11 ci-dessus doivent offrir le niveau de protection spécifié aux articles 11 et 12 du Règlement sur les dispositifs émettant des rayonnements (Matériel de diffraction des rayons X). (Voir l'Annexe III du présent code.)

6. INSPECTIONS DES INSTALLATIONS À RAYONS X

L'inspection d'une installation à rayons X vise à prouver non seulement que les équipements à rayons X fonctionnent correctement, suivant les normes établies, mais aussi que les équipements sont installés de façon sûre et utilisés de telle sorte que les opérateurs et les personnes se trouvant à proximité sont protégés au maximum contre les rayonnements. Il est donc important que les installations soient inspectées régulièrement.

6.1 Conduite des inspections

L'utilisateur responsable doit organiser les inspections. Il doit faire une demande d'inspection:

1. lors de l'installation d'équipement de diffraction à rayons X;

2. après toute modification des équipements qui pourrait entraîner des niveaux élevés de rayonnement parasite;

3. dès que l'on note un taux élevé d'émission de rayons X pendant le fonctionnement normal des équipements de diffraction à rayons X.

De plus, il doit faire une demande d'inspection à intervalles réguliers. La fréquence des inspections dépend du type d'équipement et de son utilisation et devrait être fixée par le responsable de l'hygiène au travail.

Dans certains cas, il peut être permis, après consultation avec la personne responsable de la radioprotection, de faire fonctionner les équipements pendant une période limitée avant l'inspection.

Les inspections des installations doivent être effectuées par un spécialiste autorisé (par ex., un inspecteur du Bureau de la radioprotection ou son homologue dans un organisme provincial pour les installations de juridiction provinciale).

6.2 Rapport d'inspection

Le rapport d'inspection doit présenter, de façon claire et systématique, les détails et les résultats des mesures prises ainsi que les conditions portées à l'attention de l'utilisateur et les recommandations de l'inspecteur. En ce qui concerne les installations existantes, le rapport doit souligner tout élément anormal au sujet des équipements, de l'installation ou de l'utilisation, qui pourrait constituer un danger pour les opérateurs ou les autres personnes travaillant à proximité des équipements à rayons X.

Le rapport d'inspection doit inclure au moins les éléments suivants:

1. l'identification du laboratoire et de l'équipement;

2. une évaluation des dispositifs de sécurité incorporés dans les équipements de diffraction à rayons X;

    i) blindage adéquat autour des équipements à rayons X,

    ii) fonctionnement des obturateurs, des dispositifs d'enclenchement, de la serrure, des voyants lumineux et des autres indicateurs,

    iii) description des symboles de mise en garde et de leur emplacement sur les équipements;

3. une évaluation du fonctionnement des commandes du dispositif à rayons X;

4. une évaluation de la conformité de l'installation aux exigences relatives au bâtiment et aux installations;

5. une évaluation des méthodes et des conditions de travail;

6. une évaluation par dosimétrie du personnel.

7. DOSIMÉTRIE DU PERSONNEL ET DE L'ÉQUIPEMENT

Les utilisateurs des équipements de diffraction à rayons X doivent recevoir des appareils de dosimétrie pour tout le corps et pour le poignet ou le doigt. Le fournisseur de l'appareil de dosimétrie doit connaître l'énergie du rayonnement à mesurer.

Un appareil de dosimétrie doit être placé sur la partie du corps la plus exposée au rayonnement primaire. Par exemple, si, lors d'une expérience, un opérateur travaille surtout avec sa main droite, il doit porter un dosimètre au poignet droit ou à un doigt de cette main. Des dosimètres portés sur la poitrine ou l'abdomen peuvent fournir une indication de l'exposition au rayonnement parasite (fuite, rayonnement dispersé) reçue par le corps entier.

Les données du dosimétrage du personnel doivent être notées dans un dossier permanent auquel les utilisateurs et les agents du service de la santé devraient avoir accès.

Il est recommandé que chaque installation soit équipée d'un compteur de rayonnement pour le dosimétrage de routine de la zone entourant les équipements.

8. MÉTHODES DE TRAVAIL RECOMMANDÉES

Une installation bien conçue et l'utilisation d'équipements comportant de bons dispositifs de sécurité ne suffisent pas pour assurer la protection du personnel. Des méthodes de travail tenant compte en tout temps des dangers liés à l'utilisation et à l'entretien des équipements de diffraction à rayons X et visant à réduire ces dangers au minimum sont une condition essentielle pour une protection efficace du personnel.

De bonnes méthodes de travail doivent satisfaire aux exigences fondamentales suivantes.

1. Les personnes travaillant avec des équipements ne doivent exposer aucune partie quelconque de leur corps au faisceau utile.

2. i) Pour les analyses courtes (quelques heures ou moins), l'opérateur devrait rester à son poste lorsque le dispositif fonctionne. En cas d'impossibilité, il doit en informer l'utilisateur responsable.

   ii) Pour des analyses plus longues (de quelques heures à quelques jours), si l'opérateur ne peut rester à son poste pendant que le dispositif fonctionne, les équipements doivent être protégés de telle sorte que seules les personnes autorisées sachant que le dispositif fonctionne y aient accès.

   iii) Lorsque le dispositif ne fonctionne pas, les équipements doivent être protégés de telle sorte que seules les personnes autorisées y aient accès et puissent les faire fonctionner.

3. La permission d'installer des équipements à rayons X et des accessoires, de les réparer ou d'y apporter des modifications autres que les modifications de routine doit être accordée seulement à des personnes compétentes qui ont reçu l'approbation de l'utilisateur responsable.

4. Si, pour une raison quelconque, on doit modifier temporairement les dispositifs de sécurité (par ex., mettre hors circuit des dispositifs d'enclenchement ou enlever le blindage), on doit:

i) spécifier par écrit les modifications à apporter et obtenir le consentement de l'utilisateur responsable. Une note doit être affichée à proximité du logement du tube indiquant dans quelle condition se trouvent les équipements,

ii) effectuer les modifications le plus rapidement possible.

5. Dans la mesure du possible, l'alignement du détecteur devrait être effectué de telle sorte que l'on n'ait pas à travailler avec le faisceau primaire à découvert. Si l'on doit travailler à proximité du faisceau primaire à découvert, le courant dans le tube à rayons X devrait être réduit de façon à réduire les taux d'exposition. Si l'on utilise un appareil fluorescent pour l'alignement, on réduira de façon substantielle le courant dans le tube en diminuant l'intensité de la lumière dans la pièce. L'appareil fluorescent doit être assez long pour que la main de l'opérateur soit à une bonne distance du faisceau. L'opérateur doit connaître la méthode d'alignement recommandée par le fabricant et des exemplaires de la marche à suivre doivent être disponibles.

6. Tous les dispositifs de sécurité (dispositifs d'enclenchement, obturateurs, voyants lumineux, etc.,) doivent être vérifiés régulièrement. Ces essais devraient avoir lieu une fois par semaine et ils doivent être effectués au moins une fois par mois. Les résultats de ces essais doivent être conservés.

7. Des avis indiquant les mesures d'urgence concernant la radioprotection doivent être préparés par l'utilisateur responsable pour chaque laboratoire et doivent être affichés bien en évidence près de chaque unité de diffraction

à rayons X. Ces avis doivent indiquer les numéros de téléphone d'un médecin et de l'utilisateur responsable et doivent, pour le moins, contenir des instructions relatives aux mesures suivantes à prendre en cas d'accident ou d'accident présumé, consécutif à l'exposition aux rayonnements:

i) informer l'utilisateur responsable,

ii) se soumettre à un examen médical et indiquer au médecin que l'on a été exposé à des rayons X de faible intensité.

ANNEXE I

ÉQUIVALENCE DES DOSES MAXIMALES ADMISSIBLES AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

En ce qui concerne la radioprotection, les individus sont regroupés en deux grandes catégories: les travailleurs exposés aux rayonnements et les autres. Les taux maximaux admissibles pour les deux catégories figurent au tableau suivant. Ces limites d'équivalence de doses sont basées sur les recommandations modifiées de la Commission internationale de protection contre les radiations (CIPR) spécifiées dans la publication nº 26 de la CIPR.

Il faut noter que les équivalents de doses maximales admissibles pour les travailleurs exposés aux rayonnements s'appliquent seulement aux expositions résultant de leur fonction et n'incluent pas les expositions à partir d'autres sources comme les diagnostics médicaux ou le rayonnement naturel.

Il faut noter aussi que la CIPR estime maintenant qu'il suffit de définir les limites d'équivalence de doses annuelles et ne recommande pas d'autres limites, pour les équivalents instantanés ou pour le taux d'accumulation de l'équivalent de dose, sauf dans le cas des femmes enceintes. L'ancienne formule, qui indiquait, la limite d'équivalent de dose en fonction de l'âge, 50(N-18)mSv, où N est le nombre d'années, a été abandonnée.

Équivalence des doses annuelles maximales admissibles
(Corps entier)

Travailleurs exposés aux rayonnements	50 mSv
Autres travailleurs ou public en général	5 mSv

1 sievert (Sv) est équivalent à 100 rem

NOTES:

1. On insiste sur le fait que toute exposition peut constituer un certain danger. Bien que les limites recommandées dans la présente annexe soient des valeurs maximales admissibles, on devrait faire en sorte que toutes les doses soient aussi faibles que possibles et l'on devrait éviter toute exposition inutile.

2. La CIPR ne fait plus de différence entre les hommes et les femmes en âge de procréer en ce qui concerne les limites d'équivalent de dose si la dose est reçue à un taux à peu près régulier.

3. Lorsqu'une femme est enceinte, l'employeur doit s'assurer que, pendant toute la grossesse, les conditions de travail de la femme soient telles que l'équivalent de dose total reçu par l'abdomen pendant toute la grossesse ne dépasse pas 10 mSv, ou 15 mSv pendant l'année de la grossesse.

4. Pour les techniciens en stage de formation, les limites d'équivalent de dose devraient être les mêmes que pour le public en général.

5. Pour les étudiants âgés de moins de 18 ans qui ne sont pas en stage de formation, l'équivalent de dose annuel maximum admissible pour tout le corps recommandé par la CIPR est de 0,5 mSv. On recommande aussi qu'aucun élève ne reçoive plus d'un dixième de cet équivalent de dose au cours d'une expérience quelconque.

6. La CIPR ne recommande plus de limites différentes pour divers organes. La CIPR estime que l'on évitera les effets non stochastiques en imposant une limite annuelle d'équivalent de dose de 0,5 Sv pour tous les tissus à l'exception du cristallin pour lequel elle recommande une limite de 0,15 Sv par an.

SPÉCIFICATIONS DU SYMBOLE DE MISE EN GARDE CONTRE LES RAYONNEMENTS

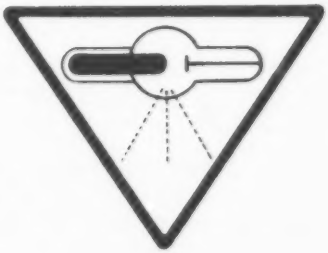
Le symbole de mise en garde contre les rayons X visé à l'article 4.2 du présent code doit:

a) être de deux couleurs contrastantes;

b) être bien visible et identifiable à une distance de 1 mètre;

c) comporter les mentions "CAUTION, X-RAYS" et "ATTENTION, RAYONS-X";

d) être conçu d'après le modèle ci-dessous:



RÈGLEMENT SUR LES DISPOSITIFS ÉMETTANT DES RADIATIONS (MATÉRIEL DE DIFFRACTION DES RAYONS X)

Le Règlement sur les dispositifs émettant des radiations, qui prescrit des normes de conception, de construction et de fonctionnement du matériel de diffraction des rayons X, a été approuvé par arrêté en Conseil le 2 juillet 1981 et publié dans la Gazette du Canada, Partie II, du 22 juillet 1981. Ce règlement définit ainsi le matériel de diffraction des rayons X:

> tout appareil à rayons X qui fait appel à la diffusion des rayons X par des atomes d'un spécimen pour les besoins de l'examen de la microstructure du spécimen; le matériel comprend le producteur de rayons X, le logement du tube et le tube à rayons X, l'enceinte et les acccessoires d'analyse.

Les exigences spécifiques du règlement sont reproduites ci-dessous.

PARTIE XIV

MATÉRIEL DE DIFFRACTION DES RAYONS X

Définitions

1. Dans la présente partie et à l'article 14 de l'Annexe I,

"accessoire d'analyse" désigne une chambre de diffraction, un goniomètre, un détecteur de rayons X ou tout autre élément employé avec du matériel de diffraction des rayons X et qui peut avoir un effet sur la sécurité radiologique du matériel; (analysis acccessory).

"collimateur" désigne un dispositif qui limite les dimensions du faisceau utile à la section transversale voulue; (collimator)

"faisceau primaire" désigne le faisceau de rayons X non diffusé ou non dérivé émergeant d'une fenêtre; (primary beam)

"faisceau utile" désigne un faisceau de rayons X qui est nécessaire à l'appareil de diffraction ou aux accessoires d'analyse pour fournir des données analytiques et comprend le faisceau primaire et les faisceaux de rayons X déviés ou diffusés par le spécimen avant leur interception par les détecteurs; (useful beam)

"fenêtre" désigne une ouverture opérée dans le logement du tube pour en permettre l'émergence d'un faisceau de rayons X; (beam port)

"logement du tube" désigne la paroi entourant le tube à rayons X qui sert à protéger l'utilisateur du rayonnement X et qui contient des fenêtres destinées à permettre l'émergence des faisceaux utiles dans les directions voulues; (tube housing)

"obturateur" désigne un couvercle ou une barrière blindée qui, en position de fermeture, intercepte complètement le faisceau primaire et empêche son émergence du logement du tube; (shutter)

"piège à faisceau" désigne un dispositif blindé destiné à intercepter et à absorber un faisceau de rayons X; (beam trap)

"rayonnement de fuite" désigne tout rayonnement X, sauf le faisceau utile, émergeant du logement du tube à rayons X, des collimateurs ou des accessoires d'analyse. (leakage radiation)

3 NORMES DE CONCEPTION ET DE FABRICATION

2. Le matériel de diffraction des rayons X doit être conçu et fabriqué de telle manière que lorsqu'il est installé et entretenu selon les instructions visées à l'article 3, il fonctionne conformément à l'article 11 tant qu'il comporte les pièces originales ou les pièces de rechange recommandées par le fabricant.

3. Le matériel de diffraction des rayons X doit être accompagné d'instructions fournies par le fabricant sur l'installation et sur l'entretien lui permettant de satisfaire aux exigences du présent règlement.

4. La face externe du tableau de commande d'un appareil de diffraction des rayons X doit comporter

a) un symbole de mise en garde placé près de chaque commutateur qui allume un tube à rayons X, portant l'avertissement "CAUTION - X-RAYS-ATTENTION-RAYONS X. This Equipment Produces High Intensity X-Ray Beams When Energized - To Be Operated Only by Qualified Personnel - Cet appareil produit des faisceaux de rayons X à haute intensité lorsqu'il est activé; son utilisation est réservée au personnel compétent";

b) le symbole de mise en garde visé à l'article 13; et

c) une marque ou une inscription permanente facilement identifiable et bien visible qui donne les renseignements suivants sur le producteur de rayons X et le logement du tube;

i) le nom du fabricant,

ii) la désignation du modèle,

iii) le numéro de série,

iv) la date de fabrication, et

v) la ville et le pays de fabrication.

5. Le matériel de diffraction des rayons X doit être conçu et fabriqué de manière

a) que toutes les marques, inscriptions et indications prévues par le présent règlement y soient solidement fixées et bien visibles; et

b) que tous les compteurs, dispositifs de commande, voyants et autres indicateurs prévus par le présent règlement soient

i) facilement identifiables, et

ii) bien étiquetés ou marqués des instructions de fonctionnement.

6. Le matériel de diffraction des rayons X doit être conçu et fabriqué de manière que

a) dans des conditions normales d'utilisation, le logement du tube, les obturateurs, les collimateurs, les raccordements, les blindages et les barrières visés dans le présent règlement ne se déforment pas et que leur propriété protectrice ne se détériore pas au point d'entraîner des rayonnements de fuite excédant les niveaux prévus à l'article 11;

b) lorsque l'appareil de diffraction est complètement assemblé et prêt à être utilisé et que les accessoires d'analyse sont en place,

i) le logement du tube, le collimateur et les accessoires d'analyse soient entièrement entourés d'une enceinte

a. suffisamment blindée pour permettre à l'appareil de respecter la norme de fonctionnement prévue à l'article 11, et

b. munie d'un enclenchement qui empêche l'émission des rayons X par le tube à rayons X, ou active un signal audible distinct lorsque l'enceinte est ouverte ou enlevée, ou

ii) le faisceau utile passant entre les fenêtres, les collimateurs et les accessoires d'analyse, soit complètement renfermé et blindé pour que soit respectée la norme de fonctionnement prévue à l'article 11; et

c) lorsque le montage ou les méthodes d'alignement de l'appareil de diffraction exigent l'accès direct au faisceau utile, un mécanisme pour neutraliser l'enclenchement visé à l'alinéa b) soit fourni, mécanisme

i) dont on indique clairement le fonctionnement, et

ii) qui fournit une indication évidente des conditions d'utilisation de l'enclenchement.

7. Le matériel de diffraction des rayons X doit être conçu et fabriqué de façon à comprendre

a) un tableau de commande muni des dispositifs de sécurité suivants:

i) un interrupteur,

ii) une serrure conçue de façon qu'on doive y introduire une clé pour produire des rayons X et l'en retirer pour cesser la production,

iii) un interrupteur de tube à rayons X,

iv) des compteurs électriques ou autres indicateurs montrant le potentiel du fonctionnement du tube en kilovolts et le courant du tube en milliampères,

v) un voyant placé près de l'interrupteur, indiquant à quel moment le tableau de commande est sous tension et l'appareil est prêt à produire des rayons X,

vi) un voyant placé près de l'interrupteur du tube à rayons X, indiquant que des rayons X sont produits,

vii) un voyant indiquant si un des obturateurs de fenêtre est ouvert et si un faisceau de rayons X émerge du logement du tube,

viii) lorsque plus d'un tube à rayons X est commandé à partir du tableau de commande,

a. un interrupteur distinct pour chaque tube à rayons X, et

b. un voyant ou autre indicateur visuel indiquant quel tube est sous tension et produit des rayons X, et

ix) une minuterie qui

a. arrête automatiquement la production de rayons X, ou empêche automatiquement l'émergence de rayons X du logement du tube au bout d'un intervalle préfixé,

b. empêche l'exposition aux rayons X lorsqu'elle est réglée en position zéro ou en position d'arrêt, et

c. permet un réglage de temps indéfini qui est clairement indiqué, dans les cas où on veut utiliser l'appareil sans interruption durant plus de 24 heures.

b) pour le matériel conçu et construit conformément au sous-alinéa 6b(ii), un voyant sur le logement du tube, qui indique si le tube à rayons X est sous tension et produit des rayons X, et qui est clairement visible à une distance de 2 mètres de tous les côtés accessibles de l'appareil;

c) pour le matériel conçu et construit conformément au sous-alinéa 6b(ii), un voyant distinct pour chacune des fenêtres sur le logement du tube,

i) qui indique si l'obturateur placé sur la fenêtre est ouvert,

ii) qui est bien visible à une distance de 2 mètres de la fenêtre, et

iii) qui est branché de manière que toute panne de lumière provoque la fermeture de l'obturateur ou arrête la production de rayons X par le tube à rayons X;

d) un obturateur recouvrant chaque fenêtre, qui est fabriqué et branché de manière,

i) qu'il demeure complètement fermé en temps normal,

ii) qu'il ne puisse être ouvert sans le concours de l'opérateur,

iii) qu'un dispositif d'enclenchement soit intégré à l'obturateur et qu'il empêche la production des rayons X dès que

l'obturateur est ouvert, sauf dans les cas où un dispositif d'alignement ou des accessoires d'analyse sont reliés à la fenêtre,

iv) qu'il soit impossible d'enlever l'obturateur ou son mécanisme de fonctionnement sans outils,

v) que l'obturateur et son mécanisme de fonctionnement soient enclenchés de telle façon qu'une fois l'obturateur enlevé le tube à rayons X s'éteigne, et

vi) qu'il soit suffisamment blindé pour répondre à la norme de fonctionnement prévue à l'article 11;

e) des joints du type labyrinthe, des raccordements ou des interfaces compris entre les fenêtres, les collimateurs et les accessoires d'analyse qui empêchent, suite à des connexions imparfaites, des fuites de rayonnement excédant le niveau prévu à l'article 11;

f) si la conception de l'appareil permet l'usage de filtres interchangeables,

i) des enclenchements ou d'autres moyens empêchant que les filtres soient insérés dans le porte-filtres ou retirés de celui-ci lorsque le faisceau de rayons X n'est pas éteint, et

ii) un blindage des fentes de filtre ou des orifices d'accès suffisant pour assurer le respect de la disposition relative aux fuites de rayons X visée à l'article 11; et

g) un dispositif permettant le branchement à distance d'un ou de plusieurs voyants s'allumant automatiquement dès que le tube à rayons X est mis sous tension et que des rayons sont produits.

8. Les accessoires d'analyse doivent comporter les renseignements fournis par le fabricant,

a) qui indiquent

i) le matériel de diffraction des rayons X pour lequel ils ont été spécialement conçus, ou

ii) les appareils de diffraction des rayons X pour lesquels ils n'ont pas été conçus; et

b) qui indiquent la conception et les dimensions des surfaces de raccordement de l'accessoire.

9. Les accessoires d'analyse doivent comprendre, sur leur surface externe, une marque ou une étiquette permanente indiquant

a) le nom du fabricant;

b) la désignation du modèle;

c) le numéro de série;

d) la date de fabrication; et

e) la ville et le pays de fabrication.

10. Les accessoires d'analyse doivent être conçus et fabriqués de manière

a) que tous les raccords, joints ou interfaces au moyen desquels ils sont reliés à une fenêtre ou à un collimateur soient du type labyrinthe et soient compatibles avec ceux qui sont employés dans les appareils de diffraction des rayons X pour lesquels l'accessoire est conçu;

b) que, sous réserve de l'alinéa c), ils soient entièrement enfermés et blindés de manière que

i) dans des conditions normales d'utilisation, ils protègent le corps de l'utilisateur des appareils de diffraction des rayons X contre les faisceaux utiles,

ii) le blindage soit suffisant pour leur permettre de répondre aux exigences de l'article 12, et

iii) le blindage soit relié ou enclenché de telle façon

a. qu'il ne puisse être enlevé, ou

b. que l'enlèvement d'une partie du blindage fasse cesser la production des rayons X par le tube à rayons X ou provoque la fermeture de l'obturateur de la fenêtre auquel les accessoires sont reliés; et

c) que, lorsque l'objet prévu des accessoires ou de l'alignement des faisceaux utiles traversant les accessoires exige que le faisceau utile soit transmis à travers un orifice de l'enceinte,

i) il y ait une marque ou une étiquette permanente sur la surface externe des accessoires, très près de l'orifice, qui comporte une mise en garde contre la présence dans l'orifice d'un intense faisceau de rayons X, et

ii) des barrières de blindage ou des pièges à faisceaux appropriés soient prévus de sorte que

a. lorsqu'ils sont mis en place sur les appareils de diffraction des rayons X, ils interceptent entièrement le faisceau de rayons X transmis, et

b. ils contiennent un blindage suffisant pour respecter les exigences de l'article 12.

NORMES DE FONCTIONNEMENT

11. Le matériel de diffraction des rayons X, une fois assemblé et prêt à être utilisé, doit fonctionner de manière que, après tout réglage du potentiel de fonctionnement du tube à rayons X en kilovolts et du courant en milliampères dans les limites de réglage prévues par le fabricant,

a) la transmission du faisceau utile à travers un obturateur fermé de fenêtre occasionne un débit d'exposition aux rayonnements qui n'excède pas, en moyenne, 2,5 milliröntgen l'heure à une distance de 5 centimètres de tout point accessible de la surface externe de l'obturateur, calculé sur une aire de détection de 1 centimètre carré d'une coupe transversale circulaire;

b) le débit d'exposition aux rayonnements de fuite

i) du logement du tube,

ii) des joints, raccords ou interfaces compris entre les fenêtres, les collimateurs et les accessoires d'analyse,

iii) les fentes de filtres ou les orifices d'accès, ou

iv) les systèmes d'enceinte de faisceaux de rayons X visés à l'alinéa 6b),

n'excède pas, en moyenne 2,5 milliröntgen l'heure à une distance de 5 centimètres de tout point accessible de la surface externe d'un dispositif visé aux sous-alinéas (i) à (iv), sur une aire de détection de 1 centimètre carré d'une coupe transversale circulaire; et

c) le débit d'émission d'un rayonnement ionisant par la source d'énergie à haute tension du tube à rayons X n'excède pas, en moyenne, 0,5 milliröntgen l'heure, à une distance de 5 centimètres de n'importe quel point du logement de l'alimentation, calculé sur une aire de détection de 10 centimètres carrés et d'une coupe transversale circulaire.

12. Les accessoires d'analyse, une fois montés pour leur utilisation et reliés à l'appareil de diffraction des rayons X approprié, doivent fonctionner de manière que, dans les conditions d'utilisation prévues à l'article 11,

a) la transmission du faisceau utile à travers la barrière de blindage ou le piège de faisceaux visé à l'alinéa 10c) n'occasionne pas un débit d'exposition aux rayonnements n'excédant pas, en moyenne, 2,5 milliröntgen l'heure à une distance de 5 centimètres de tout point accessible de la surface externe de la barrière ou du piège, calculé sur une aire de détection de 1 centimètre carré d'une coupe transversale circulaire, et

b) le débit d'exposition aux rayonnements de fuite ne dépasse pas, en moyenne, 2,5 milliröntgen l'heure à une distance de 5 centimètres de tout point accessible de la surface externe de l'accessoire, calculé sur une aire de détection de 1 centimètre carré d'une coupe transversale circulaire.

SYMBOLE DE MISE EN GARDE

13. Le symbole de mise en garde contre les rayons X qui est visé à l'article 4 de la présente partie doit

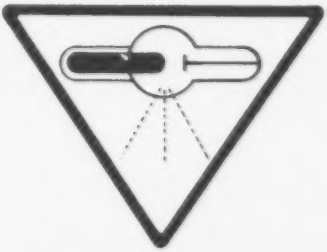
a) être de deux couleurs contrastantes;

b) être bien visible et identifiable à une distance de 1 mètre;

c) n'avoir aucune dimension extérieure qui est inférieure à 2 centimètres;

d) comporter la mention "CAUTION, X-RAYS" et "ATTENTION, RAYONS X; et

e) être conçu d'après le modèle ci-dessous:



BIBLIOGRAPHIE

On trouvera de plus amples renseignements sur les sujets traités dans le présent code dans les publications suivantes.

1. "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection," ICRP Publication 26, Annals of the ICRP, Volume 1, No. 3, (1977).

2. "Radiation Protection In Educational Institutions," NCRP Report No. 32, (1966).

3. "Radiation Hazard Control In Industry," RPB-TM-3, National Health and Welfare, (1973).